

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 08-204678

(43)Date of publication of application : 09.08.1996

(51)Int.Cl.

H04J 14/08
H04B 10/28
H04B 10/26
H04B 10/14
H04B 10/04
H04B 10/06

(21)Application number : 07-011078

(71)Applicant : NIPPON TELEGR & TELEPH CORP <NTT>

(22)Date of filing : 26.01.1995

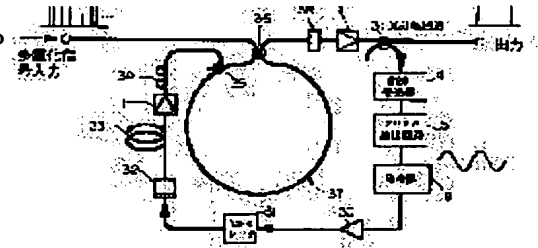
(72)Inventor : NAKAZAWA MASATAKA
SUZUKI KAZUNOBU

(54) MULTIPLEX DEMULTIPLEX METHOD FOR TIME DIVISION MULTIPLEX OPTICAL SIGNAL AND ITS DEVICE

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain an economical ultrahigh speed optical transmission system in which extraction and multiplexing/demultiplexing of a clock signal for multiplexing/demultiplexing in a light receiving section are simultaneously realized by the reproduction type multiplexing/demultiplexing technology employing light injection synchronization.

CONSTITUTION: A multiplexing signal received from a signal input terminal is propagated in two directions through an optical fiber loop by a 3dB coupler 36. In this case, a signal light with a same timing as that of a control optical pulse received through an optical multiplexer 35 and progressing in the same direction is subject to nonlinear phase change and only the signal light is outputted to an output port of the coupler 36. A clock signal to generate the control optical pulse is demultiplexed by a band pass filter 38 for a signal optical component outputted from the coupler 36 and amplified by an erbium fiber amplifier 1 and part of the signal is branched by an optical branching circuit 3 and the signal is converted into an electric signal by a high speed light receiving device 4 and a component of a frequency F is separated by a clock extract circuit 5.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.10.1999

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 23.10.2001

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number] 3280185

[Date of registration] 22.02.2002

[Number of appeal against examiner's decision of rejection] 2001-020880

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection] 22.11.2001

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-204678

(43) 公開日 平成8年(1996)8月9日

(51) Int.Cl.⁶

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 4 J 14/08

H 0 4 B 10/28

10/26

H 0 4 B 9/ 00

D

Y

審査請求 未請求 請求項の数6 O L (全 13 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願平7-11078

(22) 出願日 平成7年(1995)1月26日

(71) 出願人 000004226

日本電信電話株式会社

東京都新宿区西新宿三丁目19番2号

(72) 発明者 中沢 正隆

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

(72) 発明者 鈴木 和宜

東京都千代田区内幸町1丁目1番6号 日

本電信電話株式会社内

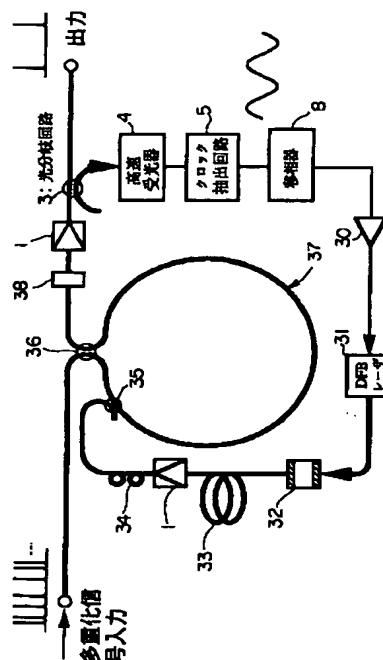
(74) 代理人 弁理士 志賀 正武

(54) 【発明の名称】 時分割多重光信号の多重分離方法及びその装置

(57) 【要約】

【目的】 光の注入同期を用いた再生型多重分離技術により、受光部における多重分離用のクロック信号の抽出および多重分離を同時に実現し経済的な超高速光伝送システムを提供する。

【構成】 信号入力端子から入力された多重信号は、3dBカップラ36で光ファイバループを2方向に分かれて伝搬する。この際、光合波器35を通じて入力される制御光パルスと同一のタイミングでかつ同方向に進む信号光が、非線形な位相変化をうけ、その信号光のみがカップラ36の出力側ポートに出力される。制御光パルスを発生するためのクロック信号は、カップラ36から出力された信号光成分を光バンドパスフィルタ38で分離しエルビウムファイバ増幅器1で増幅した後、その一部を光分岐回路3で分岐し、これを高速受光器4で電気信号に変換しクロック抽出回路5で周波数Fの成分を分離することにより得られる。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 時分割多重化されて伝送された光信号を光スイッチを用いて多重化前の伝送速度に多重分離する方法において、光スイッチとして非線形ループミラーに光帰還回路を設けることにより、該非線形ループミラーを多重化前の伝送速度に相当する繰り返して発振する光パルス自励発振器とし、該光パルス自励発振器に該多重化信号を入射せしめ、該多重化信号に含まれる多重化前の伝送速度の成分により注入同期を起こさせることにより該光パルス自励発振器の周波数を時分割多重前のクロック信号に一致させ、それによりクロックを抽出することを特徴とする時分割多重光信号の多重分離方法。

【請求項2】 請求項1記載の方法で動作する多重分離装置であって、前記光帰還回路は前記非線形ループミラーの光出力の一部を分岐する光分岐回路とその分岐出力に応じて該非線形ループミラーの制御光端子に光パルスを提供する光パルス発生器とからなり、該光パルス発生器は、高速受光器と、クロック抽出回路と、半導体レーザ駆動回路と、該多重化信号とは異なる波長の半導体レーザとからなることを特徴とする時分割多重光信号の多重分離装置。

【請求項3】 請求項1記載の方法において、多重化信号を複数チャンネルに分割しそのうち1チャンネルについて請求項1記載の方法により時分割多重前のクロック信号の抽出および多重分離を行い、該クロック信号を残りのチャンネルに分配し、それぞれのチャンネルについて該非線形ループミラーをその動作のタイミングが多重化信号の各チャンネルの信号が分離できるように調整して多重分離を行うことを特徴とする時分割多重光信号の多重分離方法。

【請求項4】 請求項3記載の方法で動作する多重分離装置であって、時分割光多重化信号をその多重度に等しい数だけ分岐する光分岐回路と、該多重度に等しい数の非線形ループミラーと、光分岐回路と高速受光器とクロック抽出回路と半導体レーザ駆動回路と多重化信号とは異なる波長の半導体レーザとからなり該非線形ループミラーのいずれか1に接続される光帰還回路と、残りの非線形ループミラーに接続され半導体レーザ駆動回路および多重化信号とは異なる波長の半導体レーザとからなる光パルス発生部と、前記クロック抽出回路の出力クロック信号を該光パルス発生部に分配するクロック分配回路と、該分配されたクロック信号のタイミングを調整する移相器とからなることを特徴とする時分割多重光信号の多重分離装置。

【請求項5】 請求項1記載の方法において、光スイッチとして光強度変調器を用い、この光変調器の光出力の一部から該光変調器を駆動する電気パルスを得る光帰還回路を設けることにより、該光強度変調器を多重化前の伝送速度に相当する繰り返して発振する光パルス自励発振器とし、多重化信号に含まれる多重化前の伝送速度の

成分により注入同期を起こさせることを特徴とする時分割多重光信号の多重分離方法。

【請求項6】 請求項5記載の方法で動作する多重分離装置であって、前記光帰還回路が、該光強度変調器の光出力の一部を分岐する光分岐回路と高速受光器とクロック抽出回路と増幅器と電気パルス変換器とで構成される電気パルス発生器からなることを特徴とする時分割多重光信号の多重分離装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、時分割多重方式で超高速の光通信を実現する際の多重分離の方法及びその装置に関するものである。

【0002】

【従来の技術およびその課題】電気回路を用いた数十Gbit/sを越える信号処理は現状では困難なため、これより高速な光伝送を実現するためには光学的な時分割多重もしくは波長多重伝送技術が用いられている。波長多重伝送の場合には、パルス光源を使用波長分だけ用意する必要がある点と、光増幅器を用いて多波長成分を一括に増幅中継する際に光増幅器の利得の波長依存性を小さくすることが困難であるという欠点がある。

【0003】これに対して光学的な時分割多重化は、 n 個のFbit/sの信号をタイミングをずらしながら光学的合波回路で合波することにより容易に行うことができ、これにより $n \times F$ bit/sの信号が得られるため、光増幅器の利得や伝送用光ファイバの波長分散特性の波長依存性に配慮する必要がない。

【0004】また、多重分離には、LiNbO₃光強度変調器や電界吸収型半導体変調器を高速の光スイッチとして用いる方法(R.S.Tucker et al., "16 Gbit/s optical time-division multiplexed transmission system experiment", Proceedings of Optical Fiber Communication, ThB2(1988))や、光ファイバや半導体中の誘導四光子混合を用いて、分離したいチャンネルの信号を信号光とは別の波長に選択的に変換して分離する方法(P.A.Andrekson et al., "16 Gbit/s all-optical demultiplexing using four-wave mixing", Electronics Letters, vol.27, p.922(1991))、非線形ループミラー(NOLM: Nonlinear Optical Loop Mirror)や非線形増幅ループミラー(NALM: Nonlinear Amplifying Loop Mirror)を高速の光スイッチとして用いる方法(K.J.Blow, N.J.Doran, and B.P.Nelson, "Demonstration of the nonlinear fiber loop mirror as an ultrafast all-optical demultiplexer", Electronics Letters, vol.26, p.962(1990))などが提案されている。いずれの方法もスイッチングのために、多重化前の信号の繰り返し周波数に相当する周波数Fのクロック信号が必要である。

【0005】図1は従来の多重分離方法の構成を示す図であって、1は光増幅器、2は伝送用光ファイバ、3

10

20

30

40

50

は光分岐回路、4は高速受光器、5はクロック抽出回路、6は1対n光分岐回路、7はクロック分配回路、8は移相器、 SW_1, SW_2, \dots, SW_n は多重分離用高速スイッチ、9は受光器、10は識別回路である。これを動作させるには、まず光増幅器1と伝送用光ファイバ2を用いて伝搬させてきた多重化光信号を光増幅器1で増幅し光分岐回路3に入力する。光分岐回路3で、多重化信号の一部を分岐して高速受光器4で受光し、クロック抽出回路5に入力する。クロック抽出回路5では、n多重されたF bit/sのデータ信号から多重分離用のF Hzの周波数成分を抽出する。このクロック成分をクロック分配回路7で各多重分離用高速光スイッチSWに供給し多重分離を行なう。

【0006】多重分離をおこなうデータ信号は1対n光分岐回路6でn個の多重分離用高速光スイッチ $SW_1 \sim SW_n$ に分配する。多重分離を行なう際のスイッチングのタイミングは、各光スイッチのゲートの開くタイミングが各チャンネル成分の信号の位置に対応するようにクロック分配回路7に接続した移相器8で調整する。各チャンネル毎の信号に分離されたデータ信号は受光器9で受光し識別回路10で多重化前のデータ信号に変換する。

【0007】従来のようにnチャンネルの信号を各々のパルスの振幅が等しくなるように多重化する方法では、図12(a)に示す様に多重化後の信号スペクトルの中には、周波数Fの周波数成分が輝線スペクトルとしては含まれず、周波数Fのクロック成分を効率良く抽出することは困難であった。データ長 $2^l - 1$ の疑似ランダム信号で変調したパルス信号を4多重し、その中の1チャンネルの信号をk倍の振幅になるように設定した場合の多重化信号スペクトルに含まれる周波数Fのクロック成分の大きさを示したのが図12(b)、図13(a)および(b)である。これらの図に示すようにパルス振幅の変化が5%以内の場合には多重化信号に含まれるクロック成分のスペクトル強度が小さく、効率良く分離するためには狭帯域の周波数フィルタや高利得の増幅器が必要であった。

【0008】多重化信号からクロック信号を得る方法のひとつを図14に示す(S.Kawanisi, T.Morioka, O.Kamatani, H.Takara, and M.Saruwatari, "Time-division-multiplexed 100 Gbit/s, 200 km optical transmission experiment using PLL timing extraction and all-optical demultiplexing based on polarization insensitive four-wave mixing", Proceedings of Optical Fiber Communication, PD23(1994))。この図で、20は光合波器、21は半導体レーザ増幅器、22はバンドパスフィルタ、23は受光器、24は位相比較器、25は低周波発振器、26は通倍器、27は電圧制御発振器、28はミキサ、29は光クロックパルス発生器である。

【0009】この方法は、電圧制御発振器27からの周

波数Fの正弦波と、低周波発振器25からの周波数 Δf の信号をミキサ28で混合し、周波数 $F + \Delta f$ の信号を用意する。この信号から光クロックパルス発生器29で周波数 $F + \Delta f$ の光パルスを発生し、このパルスと多重化信号パルスを光合波器20を用いて合波する。この信号を、半導体レーザ増幅器21に結合し、増幅器内の誘導4光子混合を用いて多重化信号と光クロックパルスとの相関信号を発生させる。この相関信号成分をバンドパスフィルタ22で分離し受光器23で電気信号に変換する。この信号には $n \Delta f$ の周波数成分が含まれているため、この信号と、低周波発振器25の出力を通倍器26でn通倍した信号との位相を位相比較器24で比較し、その誤差信号を電圧制御発振器27にフィードバックすることによりn F bit/sの多重化信号と位相の同期のとれたF Hzのクロック信号を得ることができる。

【0010】しかしながら、この方法は回路の構成が非常に複雑になることと、クロック発生回路の他に多重分離用の回路がもう一つ必要であるという欠点があった。

【0011】本発明の目的は、光の注入同期を用いた再生型多重分離技術により、受光部における多重分離用のクロック信号の抽出および多重分離を同時に実現し、経済的な超高速光伝送システムを提供することにある。

【0012】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の発明は、時分割多重化されて伝送された光信号を光スイッチを用いて多重化前の伝送速度に多重分離する方法において、光スイッチとして非線形ループミラーに光帰還回路を設けることにより、該非線形ループミラーを多重化前の伝送速度に相当する繰り返して発振する光パルス自励発振器とし、該光パルス自励発振器に該多重化信号を入射せしめ、該多重化信号に含まれる多重化前の伝送速度の成分により注入同期を起こさせることにより該光パルス自励発振器の周波数を時分割多重前のクロック信号に一致させ、それによりクロックを抽出することを特徴とする。

【0013】また、請求項2記載の発明は、請求項1記載の方法で動作する多重分離装置であって、前記光帰還回路は前記非線形ループミラーの光出力の一部を分岐する光分岐回路とその分岐出力に応じて前記非線形ループミラーの制御光端子に光パルスを供給する光パルス発生器とからなり、該光パルス発生器は、高速受光器と、クロック抽出回路と、半導体レーザ駆動回路と、該多重化信号とは異なる波長の半導体レーザとからなることを特徴とする。

【0014】また、請求項3記載の発明は、請求項1記載の方法において、多重化信号を複数チャンネルに分割しそのうち1チャンネルについて請求項1記載の方法により時分割多重前のクロック信号の抽出および多重分離を行い、該クロック信号を残りのチャンネルに分配し、それぞれのチャンネルについて該非線形ループミラーを

10

20

30

40

50

その動作のタイミングが多重化信号の各チャンネルの信号が分離できるように調整して多重分離を行うことを特徴とする。

【0015】また、請求項4記載の発明は、請求項3記載の方法で動作する多重分離装置であって、時分割光多重化信号をその多重度に等しい数だけ分岐する光分岐回路と、該多重度に等しい数の非線形ループミラーと、光分岐回路と高速受光器とクロック抽出回路と半導体レーザ駆動回路と多重化信号とは異なる波長の半導体レーザとからなり該非線形ループミラーのいずれか1に接続される光帰還回路と、残りの非線形ループミラーに接続され半導体レーザ駆動回路および多重化信号とは異なる波長の半導体レーザとからなる光パルス発生部と、前記クロック抽出回路の出力クロック信号を該光パルス発生部に分配するクロック分配回路と、該分配されたクロック信号のタイミングを調整する移相器とからなることを特徴とする。

【0016】また、請求項5記載の発明は、請求項1記載の方法において、光スイッチとして光強度変調器を用い、この光変調器の光出力の一部から該光変調器を駆動する電気パルスを得る光帰還回路を設けることにより、該光強度変調器を多重化前の伝送速度に相当する繰り返しで発振する光パルス自励発振器とし、多重化信号に含まれる多重化前の伝送速度の成分により注入同期を起こさせることを特徴とする。

【0017】また、請求項6記載の発明は、請求項5記載の方法で動作する多重分離装置であって、前記光帰還回路が、該光強度変調器の光出力の一部を分岐する光分岐回路と高速受光器とクロック抽出回路と増幅器と電気パルス変換器とで構成される電気パルス発生器からなることを特徴とする。

【0018】

【作用】請求項1記載の発明によれば、多重分離を行なうために必要なクロック信号の抽出が従来方法に比べて容易となり、かつクロック信号と多重化光信号とのタイミング調整は自動的に行なわれる。また、クロック信号の抽出と同時に多重分離が実現できる利点もある。さらに、多重化信号の振幅が全て等しく直接多重化信号から多重分離用のクロック信号成分が抽出できない場合にも、動作可能である。また、請求項2記載の発明によれば、請求項1と同様な効果を有する多重分離装置を実現できる。また、請求項3記載の発明によれば、請求項1の効果の他に、多チャンネルの多重分離を同時に行うことができる。また、請求項4記載の発明によれば、請求項3と同様な効果を有する多重分離装置を実現できる。

【0019】

【実施例】

【実施例1】図1は、本発明の基本となる非線形光学ループミラー（以下、NOLMという）の動作を示す図であって、1は光増幅器、8は移相器、30は半導体レー

ザ駆動回路、31はDFBレーザ、32は狭帯域光フィルタ、33はパルス圧縮用ファイバ、34は偏波コントローラ、35は光合波器、36は3dBカップラ、37は単一モードファイバ、38は光バンドパスフィルタ、39はクロック信号発生器である。NOLMは、3dB光カップラ36と単一モードファイバ37から構成され、光合波器35を通じて入力される制御光パルスに応じてNOLMへの入力信号をスイッチングする。半導体レーザ駆動回路30、DFBレーザ31、狭帯域光フィルタ32、パルス圧縮用ファイバ33、光増幅器1からなる部分は、クロック信号発生器39から半導体レーザ駆動回路30へ供給されるクロック信号に応じてNOLMの制御光パルスを発生するパルス発生器として動作する。以下で詳しい動作について説明する。

【0020】NOLMは、図1の左側の信号入力端子から入力された信号が3dBカップラ36で光ファイバループを時計回りと反時計回りに分かれてループを伝搬し、ループを一周した後再び3dBカップラ36で合波して出力される構成になっている。この際、図に示すようにループに設けた光合波器35を通じて制御光パルスを入力すると、この制御光パルスと同一のタイミングでかつ同方向（反時計方向）に進む信号光は制御光の光カー効果により非線形な位相変化をうけるが時計回りに進む信号光はその影響を受けない。その結果、3dBカップラ36の出力側ポートには制御光パルスによってスイッチングされた信号光が出力される。

【0021】一方、制御光パルスと重なっていない信号光成分は、時計回り、反時計回り成分ともループを伝搬することによって受ける位相変化量が等しいため、NOLMの出力端子側には出力されず入力端子側に反射される。従って、制御光パルスの繰り返し周波数を多重化前の信号速度Fに設定することにより、NOLMを用いて多重化信号から多重化前の1チャンネルの信号を分離することができる。NOLMを用いた光スイッチは、時計回り、反時計回り成分の位相差が π のとき最大のスイッチング効率を得られ、この条件は光合波器35の挿入損失がないと仮定すると制御光パルスのピーク光パワーP、ループの長さLを用いて、
$$P = \lambda A / (2 n_2 L)$$

で与えられる。ここで n_2 は非線形屈折率、Aは有効断面積、 λ は波長である。

【0022】図1に示したNOLMの構成においては、信号光の波長 λ_s と制御光の波長 λ_c を異なる波長に設定しておき光バンドパスフィルタ38で信号光成分を分離して出力を得ている。制御光パルスは、波長 λ_c のDFBレーザ31をクロック信号発生器39から得られる周波数Fの正弦波で利得スイッチ駆動して繰り返し周波数Fのパルスを発生させ、狭帯域光フィルタ32でトランスフォームリミットなパルス（パルスのパルス幅とスペクトル幅がフーリエ変換の関係で与えられる）に変換

し、それをさらにパルス圧縮用ファイバ33でパルス圧縮し、エルビウムファイバ増幅器1でNOLMのスイッチングが起こる強度まで増幅する。NOLMを用いたスイッチングの消光比は信号光と制御光の偏波が一致したとき最大になるので、偏波コントローラ34を用いて制御光の偏波状態を調整する。尚、多重化信号と制御光パルスの位相はクロック信号発生器39に接続した移相器8で調整し、所望のチャンネルの信号の多重分離を行う。

【0023】図2は本発明記載の時分割多重信号の多重分離方法の第1の実施例を示す図であって、即ちNOLMの出力端子とクロック信号入力端子とを結ぶことにより光の帰還回路を設けたものである。ここで、1は光増幅器、3は光分岐回路、4は高速受光器、5はクロック抽出回路、8は移相器、30は半導体レーザ駆動回路、31はDFBレーザ、32は狭帯域光フィルタ、33はパルス圧縮用ファイバ、34は偏波コントローラ、35は光合波器、36は3dBカップラ、37は単一モードファイバ、38は光バンドパスフィルタである。

【0024】NOLMの制御光パルスを発生するためのクロック信号は、NOLMから出力された信号光成分を光バンドパスフィルタ38で分離しエルビウムファイバ増幅器1で増幅した後、その一部を光分岐回路3で分岐し、これを高速受光器4で電気信号に変換しクロック抽出回路5で周波数Fの成分を分離することにより得られる。

【0025】図2においてNOLMの入力に nF bit/sの多重化信号のかわりに波長 λ_s のcw光を入力した場合、NOLMから光分岐回路3、高速受光器4、クロック抽出回路5、移相器8、制御光パルス発生部を経て再びNOLMに戻る経路は、周波数Fのクロック信号（光信号および電気信号）がこの経路を一周する時間を $1/F$ の整数倍になるように移相器8を調整すると、クロック抽出回路5に含まれる電気フィルタの中心周波数Fで共振する再生発振器として動作し、波長 λ_s 、繰り返し周波数Fの光パルスが出力端子から得られる。

【0026】図3は、NOLMの入力信号を波長 λ_s のcw光としたとき自励発振の電気スペクトルを示す。これは、クロック抽出回路内蔵の周波数フィルタの中心周波数を10GHzとした場合の実験結果である。この例では、NOLMを構成する光ファイバとして長さ6kmの分散シフトファイバ、制御光パルス圧縮用ファイバとして300mの高分散ファイバを用いているため、電気回路の伝搬遅延時間も考慮に入ると信号が系を一周する時間は約33 μ sとなる。これに対応する自励発振のモード間隔は30kHzとなり、周波数フィルタの透過帯域に含まれる発振モード成分がすべてみられる多モード発振をしていることがわかる。図4は図3の中心部を拡大した図であり、この図から発振モードの間隔が30kHzであることがわかる。

【0027】自励発振状態で外部から時分割多重化信号を入力すると多重化信号に含まれるF Hzの周波数成分によって注入同期が起こり、それまで自励発振していたループの共振周波数はF Hzの単一周波数にロックされる。この様子を示したのが図5に示すスペクトルであり、この図より多重化信号の多重化前の信号速度に相当する周波数成分のみが観測されていることがわかる。

【0028】図6および図7はNOLMへの入力多重化信号（実線）とクロック信号から生成される制御光パルス波形（破線）、NOLMの出力波形（太線）との関係を示した図である。図6（a）は入力信号とクロック信号のタイミングが一致している場合を示し、図6（b）、図7（a）および（b）はタイミングがずれた場合を示している。この図から、自励発振を行っている制御光パルスと入力多重化信号のタイミングがずれていても、NOLMの出力波形は入力信号と制御パルス波形の積で与えられるためNOLMの出力波形から再びクロック成分を抽出すると、入力パルスと制御パルスとのタイミングのずれは入力時に比べて減少する。従って、最終的には制御パルスのタイミングは入力信号にロックされる。

【0029】仮に伝送系のジッターなどにより多重化信号の多重化前の繰り返し周波数が $F + \Delta F$ に変化した場合でも、その周波数変化量がループの同調範囲内であればNOLMは入力信号の変化に追従して動作する。従って、一度多重化信号と本実施例の構成で動作するNOLMとの同期がとれると多重化信号の入力が途絶えない限りここで述べた多重分離回路は多重分離のためのクロック抽出と多重分離を同時に行い続けることができる。

【0030】図8は、多重化信号から多チャンネルの信号を同時に多重分離できるように図2を変更した図であって、1は光増幅器、3は光分岐回路、4は高速受光器、5はクロック抽出回路、6は1対n光分岐回路、7はクロック分配回路、 $SW_1, SW_2 \dots SW_n$ は多重分離用NOLM光スイッチ、8は移相器、9は受光器、10は識別回路である。ここで多重分離用NOLMスイッチ $SW_1 \sim SW_n$ の各々は、図9に示すように図2の構成から光分岐回路3、高速受光器4、クロック抽出回路5、移相器8を除いたもので、多重化信号から多重分離用クロック信号に同期した多重分離信号を出力する。

【0031】図8の構成を動作させるには、1対n光分岐回路6でnチャンネルの多重化信号に分岐する。その際1対n光分岐回路6の分配損失を補償できるように光増幅器1で増幅しておく。分配された多重化光信号のうち1チャンネル（例えばch. n）については、多重分離用NOLMスイッチ SW_n 、光分岐回路3、高速受光器4、クロック抽出回路5、移相器8で自励発振回路を構成し、1対n光分岐回路6からの多重化信号に注入同期することによりクロック抽出及び多重分離を同時に行う。次にクロック抽出回路5の出力の一部をクロック分

10

20

30

40

50

配回路7に供給し、 $n-1$ チャンネルのクロック信号を作る。チャンネル1から $n-1$ までの信号については、各チャンネル毎の移相器8の位相を調整して所望のチャンネルの信号を得る。各チャンネル毎の信号に分離されたデータ信号は、受光器9で受光し識別回路10でもとの電気信号に変換される。

【0032】以上示してきた多重分離技術において光スイッチとしてNOLM以外に光ファイバもしくは半導体レーザの4光波混合という非線形光学効果を用いても良い。

【0033】【実施例2】図10は本発明第2の実施例の構成を示す図であって、1は光増幅器、3は光分岐回路、4は高速受光器、5はクロック抽出回路、8は移相器、41は光強度変調器、42は増幅器、43は電気パルス変換器である。本実施例においては多重分離用高速光スイッチとして実施例1で述べたNOLMのかわりに光強度変調器41を用い、スイッチングの制御には電気パルスを用いる。

【0034】これを動作させるには、光強度変調器41の出力を光増幅器1で増幅し、その一部を光分岐回路3で分岐した後に、高速受光器4で受光しクロック抽出回路5を用いて周波数Fのクロック成分を分離する。クロック成分の位相を移相器8で調整し増幅器42で振幅が一定の信号とした後に、電気パルス発生器43で繰り返し周波数Fの電気パルスを発生させる。光強度変調器41に電気パルス変換器43からのパルスが入力されたときのみ変調器41が透過状態になるように変調器41のバイアスを調整しておき、光変調器41にcw光を入射し、クロック抽出回路5を含む帰還ループの伝搬時間が $1/F$ の整数倍となるように移相器8を調整すると、この帰還ループはクロック抽出回路5の中心周波数Fで自励発振を開始し、出力端子からは繰り返し周波数Fの光パルス列が出力される。この状態で、入力端子にcw信号のかわりに多重化信号を入力すると多重化信号に含まれる周波数Fの成分によって、上記自励発振回路に注入同期が起こり、多重化前の伝送速度Fの信号成分が分離されて出力端子から得られる。

【0035】光変調器41としては、マッハツェンダー型LiNbO₃強度変調器もしくは電界吸収型半導体変調器を用いることができる。光変調器41駆動用の電気パルスは、たとえばステップリカバリーダイオード（コムジェネレータ）を用いて正弦波から発生することができる。

【0036】多チャンネルの多重分離を同時に行う際には、図8と同様に増幅器42電気パルス変換器43、光変調器41、光増幅器1からなる部分を多重分離用光スイッチとみなすと、第1の実施例と同様に各チャンネル毎に多重分離することができる。

【0037】

【発明の効果】以上詳細に説明したように、非線形光学ループミラーを用いた本発明によれば、多重分離を行なうために必要なクロック信号の抽出が従来方法に比べて容易であり、かつクロック信号と多重化光信号とのタイミング調整が自動的に行なわれるため比較的簡単な構成で多重分離回路を提供できるという特徴がある。また、1チャンネルだけを分離する場合にはクロック信号の抽出と同時に多重分離が実現できる利点もある。さらに、多重化信号の振幅が全て等しく直接多重化信号から多重分離用のクロック信号成分が抽出できない場合にも、動作可能であるという特徴がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】 NOLMを用いた多重分離の構成を示す図である。

【図2】 本発明第1の実施例の構成を示す図である。

【図3】 NOLMの抽出クロック信号のスペクトルを示す図である。

【図4】 図3の部分拡大図である。

【図5】 注入同期時のNOLMの抽出クロック信号のスペクトルを示す図である。

【図6】 制御用光パルスの信号光パルスへの引込み動作を説明する図である。

【図7】 制御用光パルスの信号光パルスへの引込み動作を説明する図である。

【図8】 多チャンネルを同時に多重分離する方法の構成を示す図である。

【図9】 図8のスイッチSWの構成を示す図である。

【図10】 光変調器を用いた本発明第2の実施例の構成を示す図である。

【図11】 従来の多重分離の構成を示す図である。

【図12】 多重化信号の周波数スペクトルを示す図である。

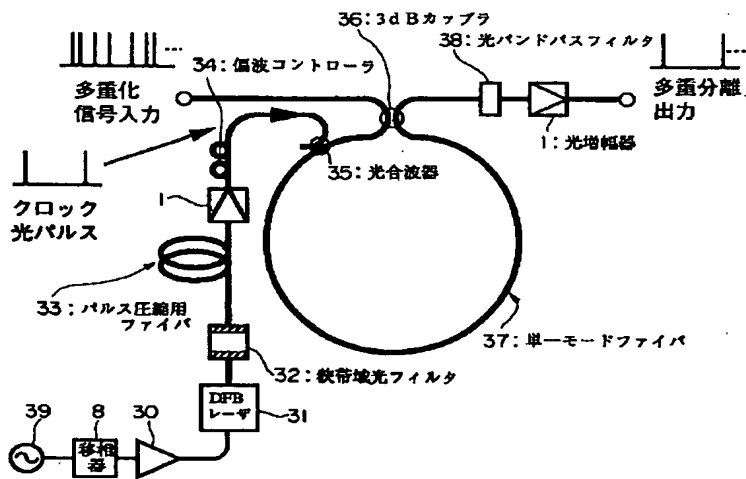
【図13】 多重化信号の周波数スペクトルを示す図である。

【図14】 PLL回路を用いたクロック抽出装置の構成を示す図である。

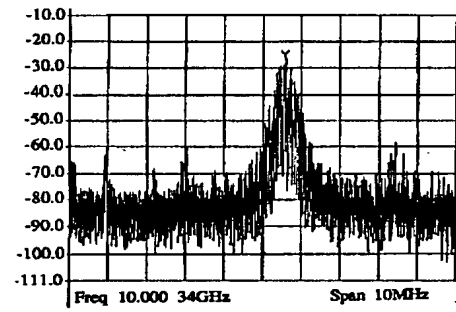
【符号の説明】

1…光増幅器、2…伝送用光ファイバ、3…光分岐回路、4…高速受光器、5…クロック抽出回路、6…1対n光分岐回路、7…クロック分配回路、SW₁～SW_n…多重分離用高速光スイッチ、8…移相器、9…受光器、10…識別回路、30…半導体レーザ駆動回路、31…DFBレーザ、32…狭帯域光フィルタ、33…パルス圧縮用ファイバ、34…偏波コントローラ、35…光合波器、36…3dBカップラ、37…単一モードファイバ、38…光バンドパスフィルタ、39…クロック信号発生器、41…光強度変調器、42…増幅器、43…電気パルス変換器。

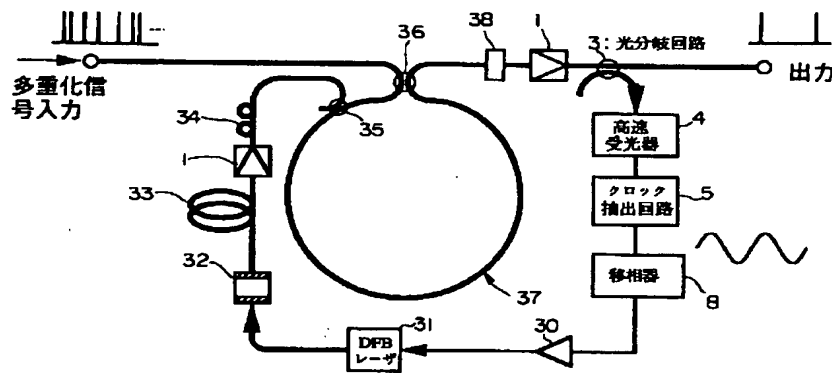
【図1】



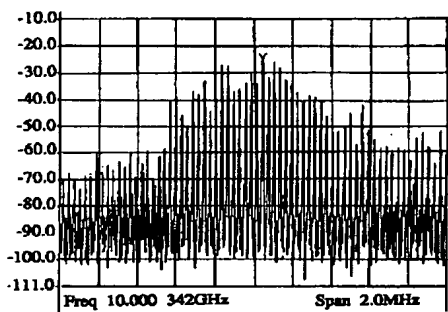
【図3】



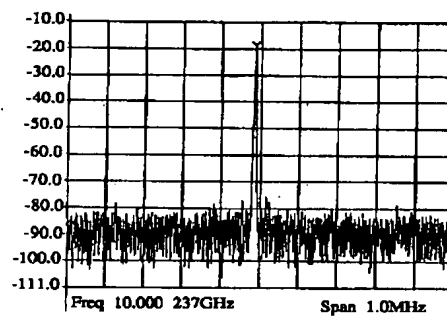
【図2】



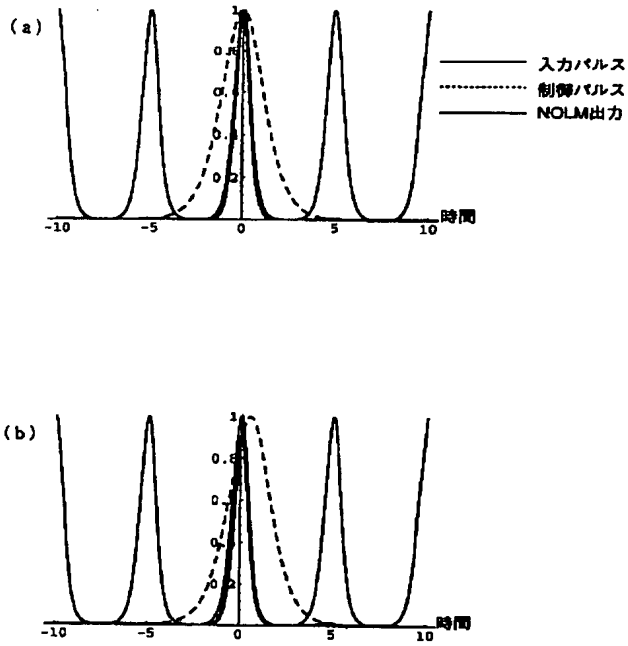
【図4】



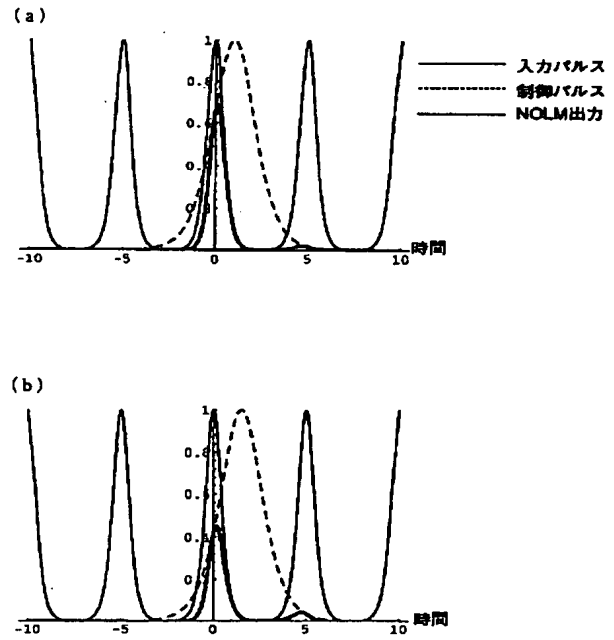
【図5】



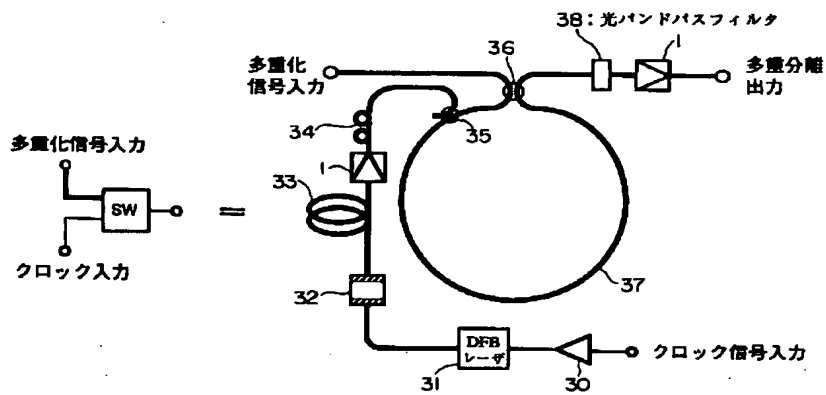
【図6】



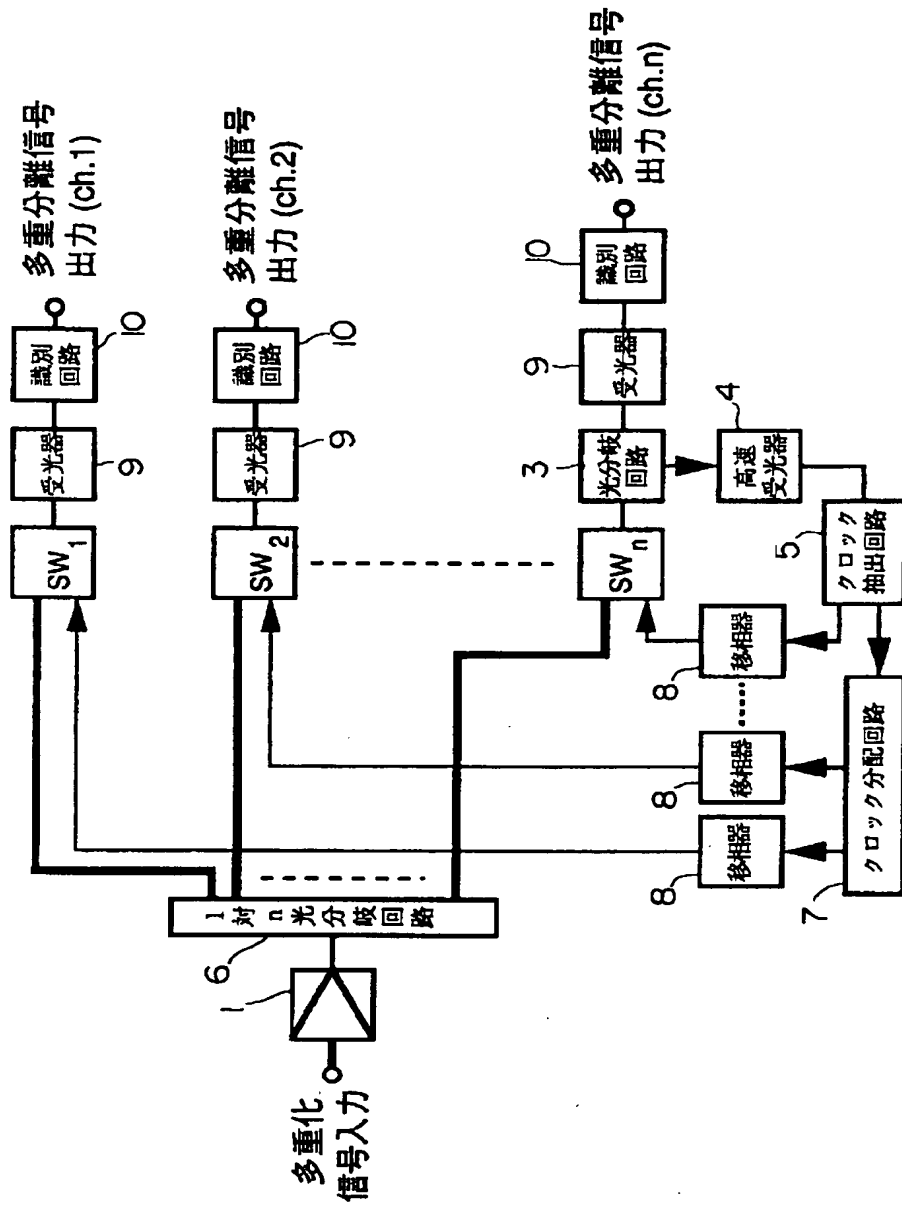
【図7】



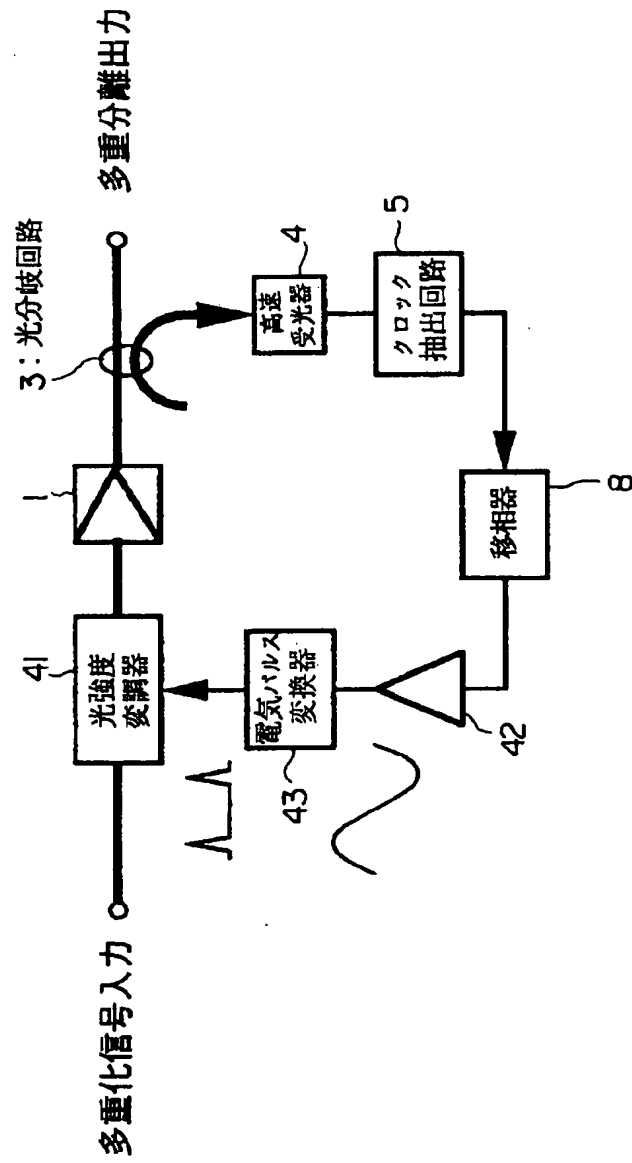
【図9】



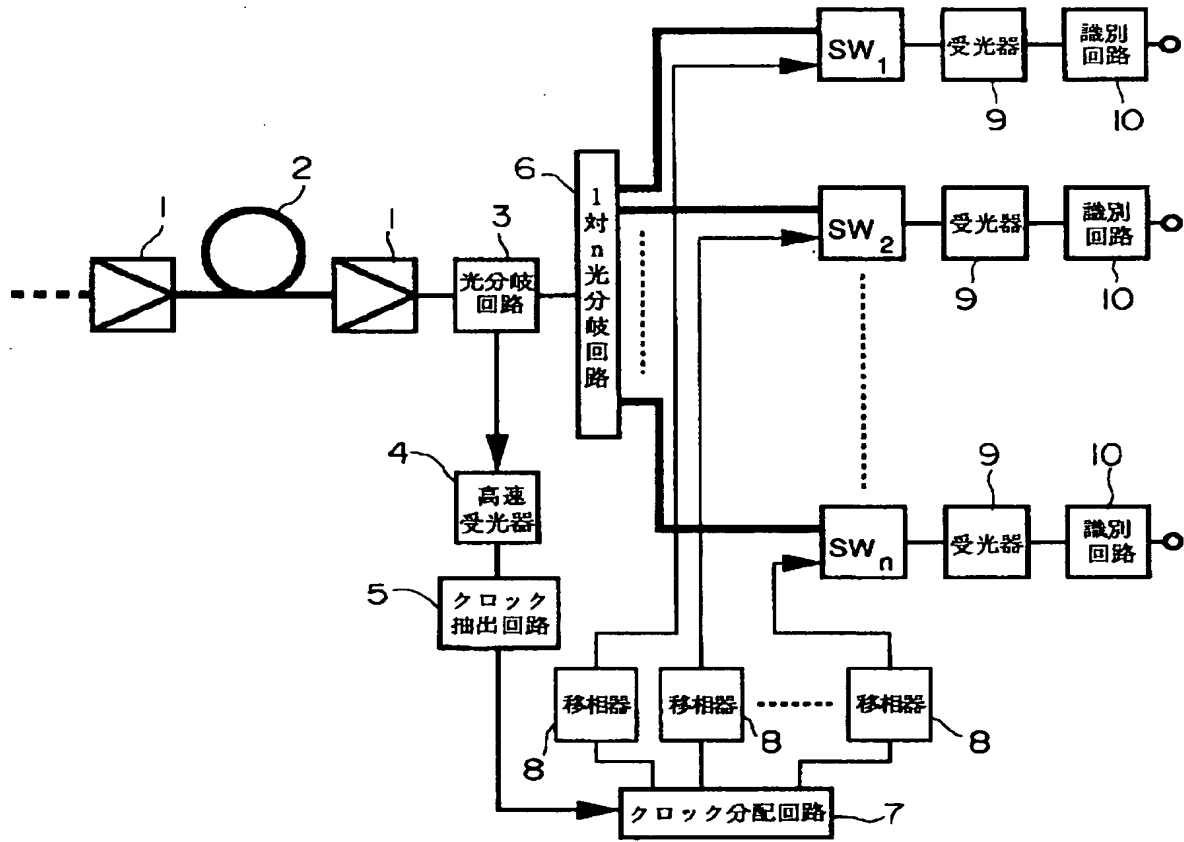
【図 8】



【図 10】

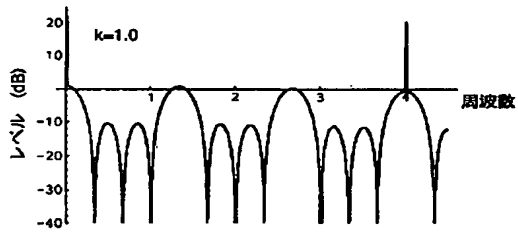


【図 11】

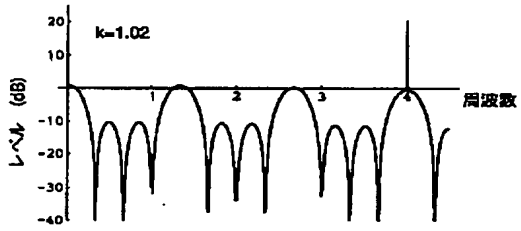


【図12】

(a)

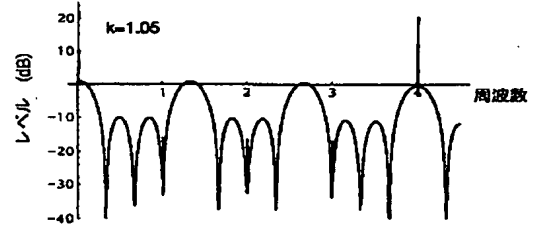


(b)

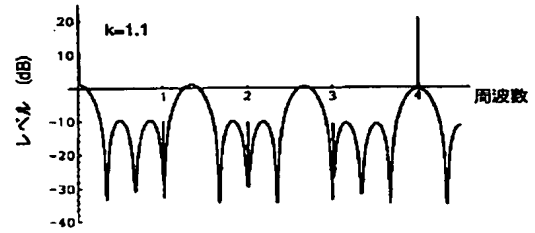


【図13】

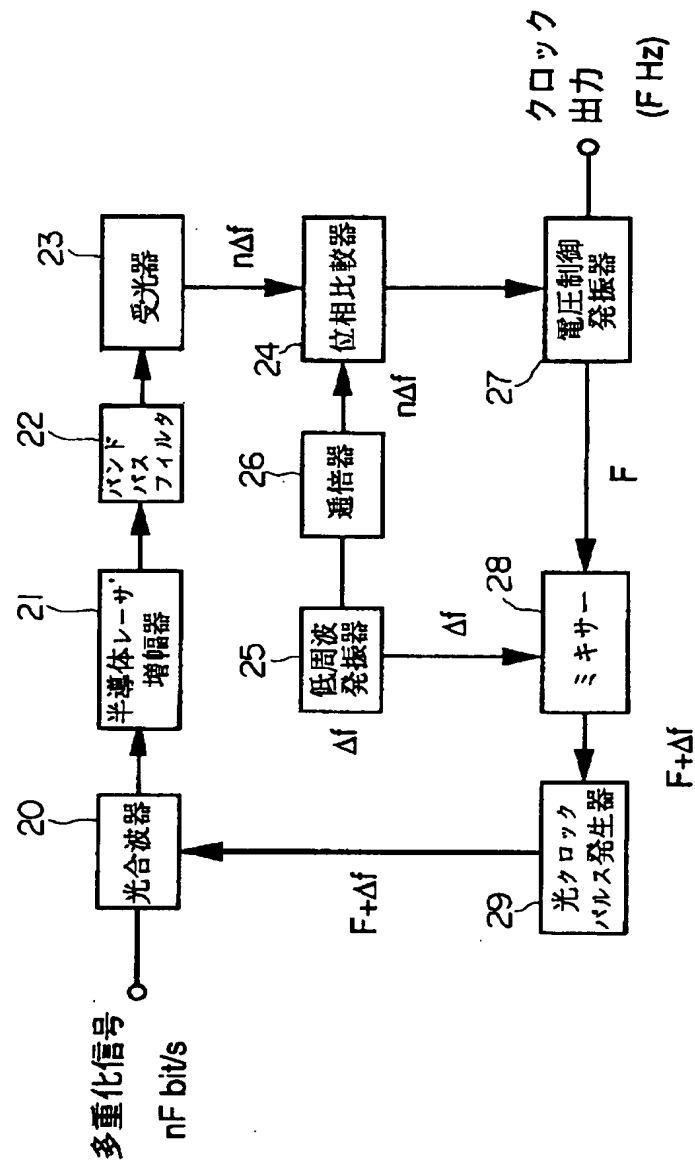
(a)



(b)



【図14】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.⁶

H04B 10/14
10/04
10/06

識別記号

片内整理番号

F I

技術表示箇所